Р. М. Малинин

Трансформаторы и автотрансформаторы питания

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

СПРАВОЧНАЯ СЕРИЯ

Выпуск 466

Р. М. МАЛИНИН

ТРАНСФОРМАТОРЫ И АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ ПИТАНИЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1963 ЛЕНИНГРАД

Брошюра содержит справочные сведения по конструированию трансформаторов и автотрансформаторов питания для радиолюбительской аппаратуры. В ней дается методика упрощенного расчета трансформаторов и автотрансформаторов, приводятся таблицы типовых Ш-образных и ленточных витых магнитопроводов с указанием, до какой предельной габаритной мощности может быть использован каждый данный магнитопровод, а также таблицы с данными трансформаторов и автотрансформаторов питания, применяемых в заводских радиовещательных приемниках.

Рассчитана брошюра на широкий круг радиолюбителей, занимающихся конструированием приемников, усилителей и другой аппаратуры с питанием от сети переменного тока.

6Ф2.13 *Малинин Роман Михайлович*
М19 **Трансформаторы и автотрансформаторы питания. М.—Л., Госэнергоиздат, 1963.**
40 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека, вып. 466).

* * *

Редактор *А. И. Кузьминов* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в пр-во 28/XII 1962 г. Подписано к печати 22/II 1963 г.
Формат бумаги $84 \times 108^1/_{32}$ 2,05 п. л. 2,3 уч.-изд. л.
Т-00178 Тираж 100 000 экз. Цена 09 коп. Зак. 7

Типография № 4 Госстройиздата, г. Подольск, ул. Кирова, д. 25.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН, ПРИНЯТЫЕ В СПРАВОЧНИКЕ

B — ширина (толщина) магнитопровода, *мм*;
d — диаметр провода, *мм*;
$I_а$, $I_б$,... — токи в секциях обмотки автотрансформатора, *а*;
I_0 — выпрямленный ток, *а*;
$I_{н.л}$ — ток накала ламп, *а*;
$I_{н.к}$ — ток накала кенотрона, *а*;
I_{II} — ток вторичной обмотки трансформатора; для автотрансформатора ток, идущий в нагрузку, подключенную к основной обмотке, *а*;
I_{110}, I_{127}, I_{220} — ток, потребляемый трансформатором или автотрансформатором от электросети напряжением 110, 127 и 220 *в* соответственно, *а*;
H — высота магнитопровода, *мм*;
h_0 — высота окна магнитопровода, *мм*;
$K_т$ — коэффициент заполнения магнитопровода сталью;
$K_м$ — коэффициент заполнения окна магнитопровода медью;
L — длина магнитопровода, *мм*;
l — ширина стержня магнитопровода (среднего в броневом магнитопроводе), *мм*;
l_0 — ширина окна магнитопровода, *мм*;
$P_{ат}$ — габаритная мощность автотрансформатора, *ва*;
$P_т$ — габаритная мощность трансформатора, *ва*;
S_0 — площадь окна магнитопровода, *см²*;
$S_{ст}$ — полезная площадь сечения стали магнитопровода, *см²*;
s — площадь сечения провода, *мм²*;
U_0 — выпрямленное напряжение на входе фильтра, *в*;
$U_{н.л}$ — напряжение накала ламп, *в*;
$U_{н.к}$ — напряжение накала кенотрона, *в*;
$U_с$ — напряжение питающей электросети, *в*;
U_{II} — напряжение вторичной обмотки трансформатора; для автотрансформатора — напряжение, поступающее на нагрузку, подключенную к основной обмотке, *в*;
w — число витков обмотки;
δ — плотность тока в обмотках, *а/мм²*;
η — к.п.д. трансформатора, автотрансформатора.

НАЗНАЧЕНИЕ И СХЕМЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ ПИТАНИЯ

Трансформатор или автотрансформатор питания представляет собой составную часть почти всякого приемника, телевизора, усилителя, передатчика, магнитофона или иного радиоэлектронного аппарата, питаемого от электросети переменного тока.

С помощью трансформатора или автотрансформатора напряжение электросети преобразуется в напряжения других величин, необходимые для подачи на аноды кенотрона или на полупроводниковые вентили (германиевые, кремниевые или селеновые) и для накала ламп аппаратуры.

Трансформатор состоит из магнитопровода (сердечника) из листовой или ленточной трансформаторной стали, на котором расположены обмотки из медного провода.

Первичная обмотка. Обмотка трансформатора, включаемая в электросеть, называется первичной обмоткой. Чем больше напряжение электросети, тем большее количество витков (при данном размере магнитопровода) должна иметь эта обмотка.

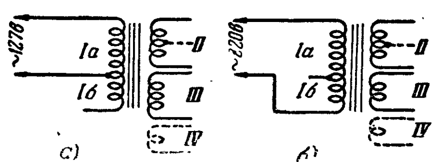


Рис. 1. Включение первичной обмотки трансформатора, состоящей из двух секций, на 127 и 220 *в*.

Iа и *Iб* — секции первичной обмотки; *II* — вторичная повышающая обмотка; *III* и *IV* — обмотки накала.

Обычно трансформаторы рассчитывают на включение в электросети с номинальными напряжениями 127 и 220 *в*, предусматривая при этом возможность нормальной их работы при напряжении сети 110 *в*. Кроме того, иногда предусматривается возможность нормальной работы трансформатора при повышении напряжения сети с 220 до 237 *в*.

Во всех этих случаях первичная обмотка состоит из нескольких секций (частей), различно соединяемых в зависимости от напряжения электросети (рис. 1—4).

Переключатели секций первичной обмотки. В качестве переключателей секций первичных обмоток на различные напряжения элек-

тросети используют октальные ламповые панельки, средние отверстия которых имеют специальную форму. Выводы от секций первичной обмотки подпаивают к гнездам панельки, а в нее вставляют подобную цоколю электронной лампы колодку с попарно замкнутыми накоротко штырьками (рис. 4).

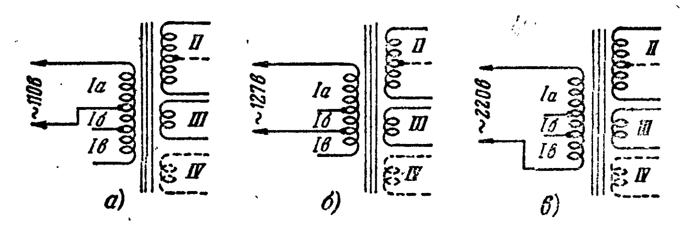


Рис. 2. Включение первичной обмотки трансформатора, состоящей из двух секций, на 110, 127 и 220 *в*.

Iа, *Iб* и *Iв* — секции первичной обмотки; *II* — вторичная повышающая обмотка; *III* и *IV* — обмотки накала.

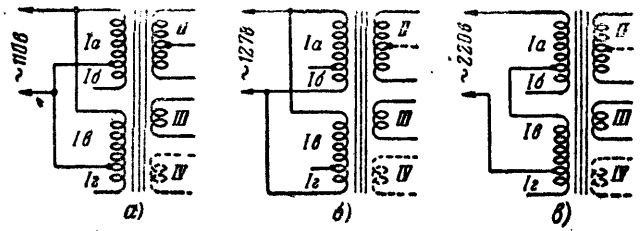


Рис. 3. Включение первичной обмотки трансформатора, состоящей из четырех секций, на различные напряжения.

Iа и *Iв* — секции первичной обмотки на 110 *в*; *Iб* и *Iг* — секции первичной обмотки на 17 *в*; *II* — вторичная повышающая обмотка.

При различных напряжениях электросети колодку вставляют в различных положениях, при этом получают различные комбинации соединений секций. Иногда переключение секций по схемам, показанным на рис. 1 и 2, производят перестановкой плавкого предохранителя из одного держателя в другой.

Вторичные обмотки. Так называют все остальные обмотки трансформатора.

С одной из вторичных обмоток напряжение поступает на полупроводниковые вентили или на аноды кенотрона. Если напряжение обмотки больше напряжения электросети, то она называется повышающей. В случае кенотронного выпрямителя ее называют также анодной.

Вторичная обмотка, напряжение которой используется для питания цепей накала электронных ламп, называется сокращенно обмоткой накала ламп. Чаще всего напряжение этой обмотки под нагрузкой составляет 6,3 *в*. Так как это напряжение меньше напряжения сети, то обмотку накала называют понижающей,

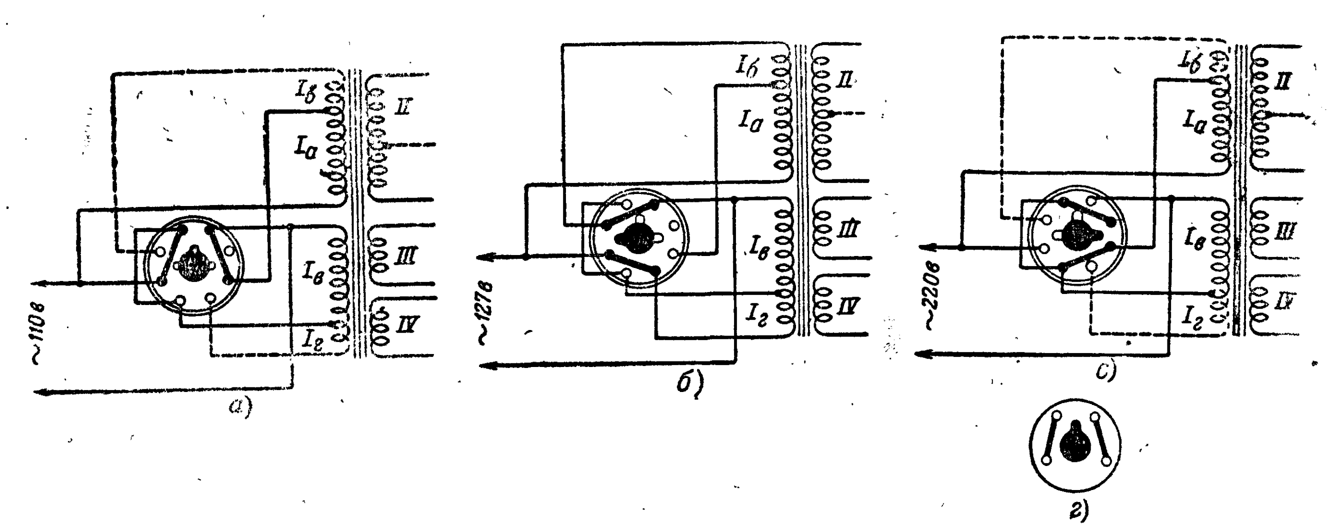


Рис. 4. Переключатель секций первичной обмотки трансформатора для различных напряжений электросети с использованием октальной панельки.

Трансформаторы питания сложных приемников и телевизоров имеют по нескольку обмоток накала. Если переменный ток выпрямляется кенотроном, то трансформатор имеет обмотку для питания накала кенотрона (обмотка накала кенотрона). Трансформатор, питающий устройство на полупроводниковых приборах, обмоток накала не имеет.

Трансформатор может иметь дополнительную обмотку, с которой напряжение подается на вентили выпрямителя, дающего напряжение фиксированного смещения. Иногда напряжение на эти вентили подают с части повышающей обмотки.

Экранирующая обмотка. Для ослабления помех, которые могут проникать из электросети через емкость между первичной и вторичными обмотками трансформатора в питаемое им устройство, между этими обмотками обычно делают экран (экранирующую обмотку) в виде одного слоя изолированного провода. Один из концов экранирующей обмотки присоединяют к корпусу питаемого устройства, а другой остается свободным.

Коэффициент полезного действия трансформатора определяется как отношение суммы мощностей, снимаемых со всех его вторичных обмоток, к мощности, потребляемой первичной обмоткой от электросети. Полностью нагруженные трансформаторы имеют ориентировочно следующие к. п. д.:

Мощность, снимаемая с трансформатора, *ва*	Коэффициент полезного действия, %
10—20	65—75
20—50	70—80
50—100	75—85
100—200	82—88
200—500	85—90
500—1 000	90—95

Коэффициент полезного действия недогруженных трансформаторов меньше.

Автотрансформатор — это трансформатор, одна из обмоток которого составляет часть другой его обмотки.

В автотрансформаторах питания приемников и телевизоров первичная обмотка представляет собой часть обмотки, с которой напряжение подается на вентили (случай, когда это напряжение должно быть больше напряжения электросети), или, наоборот, она представляет собой часть первичной обмотки (когда напряжение, подаваемое на вентили, должно быть меньше напряжения электросети) В первом случае автотрансформатор называют п о в ы ш а ю щ и м, а во втором — п о н и ж а ю щ и м.

По своей электрической схеме автотрансформатор подобен дросселю с одним или несколькими отводами (рис. 5, 6 и 7). В повышающем автотрансформаторе напряжение электросети подается на часть витков обмотки и снимается на вентили с концов обмотки. В понижающем автотрансформаторе напряжение подается на концы обмотки, а снимается с ее части.

Обмотки накала в автотрансформаторе выполняются обычно изолированными от обмотки, соединяемой с электросетью.

Применение автотрансформаторов. Автотрансформатор выпрямителя должен быть повышающим, если на входе фильтра выпрямителя нужно получить постоянное напряжение, превышающее напряжение сети·

в 1,1 или большее число раз в случае применения однополупериодной или мостовой схемы с селеновыми вентилями;

в 1,25 или большее число раз в случае такой же схемы, но с германиевыми или кремниевыми вентилями;

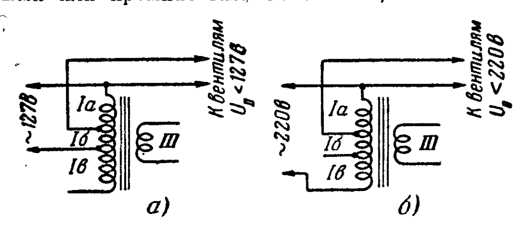


Рис. 5. Включение секций обмотки понижающего автотрансформатора на 127 и 220 *в*.

Iа, *Iб* и *Iв* — секции общей обмотки; *III* — обмотка накала ламп.

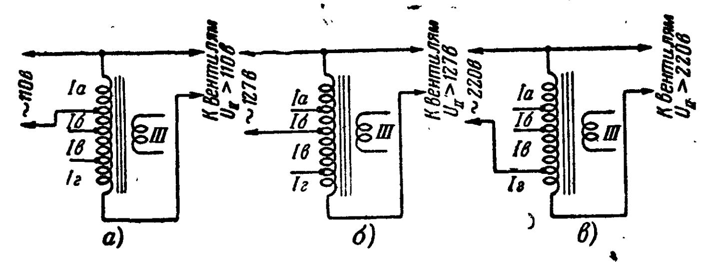


Рис. 6. Включение секций обмотки повышающего автотрансформатора на различные напряжения.

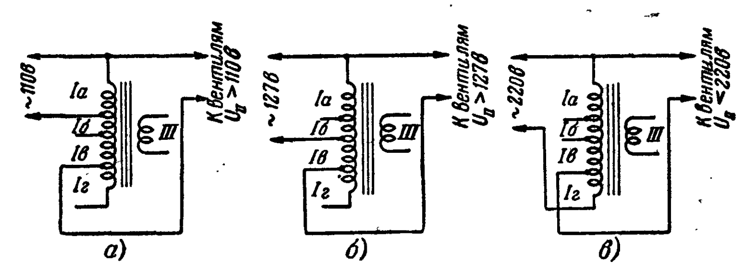


Рис. 7. Включение секций обмотки автотрансформатора, работающего как повышающий при напряжении электросети 110—127 *в* и как понижающий при напряжении электросети 220 *в*.

Iа, *Iб*, *Iв*, и *Iг* — секция общей обмотки; *III* — обмотка накала

в 2,2 или большее число раз в случае применения схемы удвоения напряжения с селеновыми вентилями;

в 2,5 или большее число раз в случае схемы удвоения с германиевыми или кремниевыми вентилями.

При необходимости иметь меньшие выпрямленные напряжения (при использовании в выпрямителях тех же схем) автотрансформаторы должны быть понижающими.

Преимущество автотрансформатора перед трансформатором такой же мощности заключается в том, что размеры и вес магнитопровода автотрансформатора и общее число витков его обмоток меньше, чем у трансформатора, а к.п.д. значительно выше. Если напряжение, снимаемое с общей обмотки автотрансформатора, отличается от напряжения сети не более, чем на 25%, а мощность, поступающая на нагрузку, более 50—70 *вт*, то к.п.д. автотрансформатора практически можно считать близким к единице.

Основной недостаток автотрансформатора заключается в том, что устройство, питающееся от него, оказывается соединенным с электросетью. Поэтому ни одну из точек схемы устройства заземлять нельзя. Несоблюдение этого условия может привести к повреждению питаемого устройства током, проходящим из электросети в землю или к короткому замыканию электросети.

В трансформаторе первичная обмотка, а следовательно, и электросеть полностью изолированы от вторичных обмоток. Вследствие этого указанное ограничение для устройств с трансформаторами отсутствует.

МАГНИТОПРОВОДЫ

Материал для магнитопроводов. Трансформаторы и автотрансформаторы имеют магнитопроводы, изготовленные из специальной листовой или ленточной электротехнической стали толщиной 0,35—0,5 *мм*.

Эти стали содержат несколько процентов кремния и до 1% углерода. Кремний служит для увеличения удельного сопротивления стали, что снижает потери на вихревые токи и на гистерезис и тем самым увеличивает к.п.д. трансформатора (автотрансформатора).

Для изготовления магнитопроводов трансформаторов и автотрансформаторов применяют преимущественно электротехнические стали марок Э31, Э32, Э41, Э42, Э310, Э320, Э330.

Первая цифра марки электротехнической стали указывает средний процент содержания в ней кремния, вторая характеризует электромагнитные свойства стали: 1 — сталь с относительно большими потерями при частоте 50 *гц*; 2 — сталь с пониженными потерями; 3 — с совсем малыми потерями; 4 — с «нормальными» потерями при повышенной частоте (400 *гц*). Третья цифра марки стали «0» указывает на технологическую особенность ее производства — холоднокатаная (текстурованная) сталь.

Виды магнитопроводов. Магнитопроводы изготовляются следующих конструкций:

1. Броневые из Ш-образных пластин и замыкающих магнитную цепь прямоугольных пластин, штампованных из листовой электротехнической стали (рис. 8,*а*, 9,*а* и табл. 1). Пластины собирают вперекрышку.

2. Броневые из пластин с просечкой, штампованных из такой же стали. Эти пластины представляют собой как бы одно целое из Ш-образных и прямоугольных пластин (рис. 8,*б*, 9,*б* и табл. 1).

3. Броневые витые разрезные (рис. 8,*в* и табл. 2) Такие магнитопроводы изготавливают только в заводских условиях. На

стальную оправку наматывают ленточную электротехническую сталь до требуемого размера заготовки магнитопровода. Затем ее пропитывают клеем БФ или иным. Слои ленты склеивают между собой под давлением при нагреве до температуры полимеризации

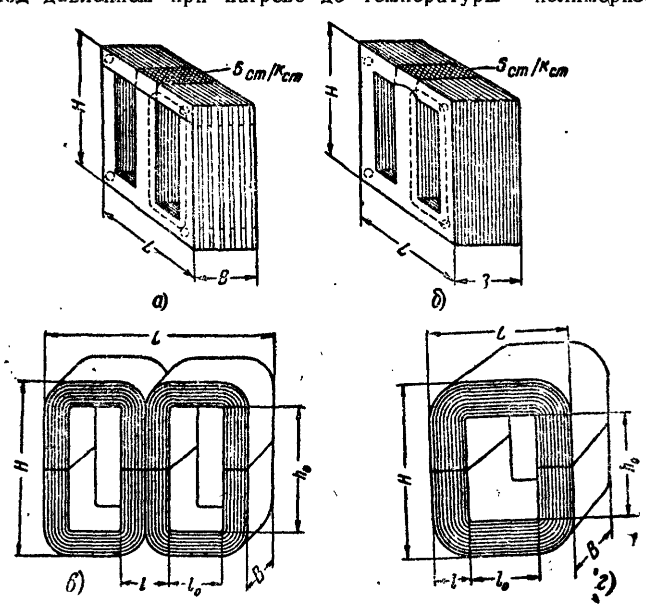


Рис. 8. Магнитопроводы

а — броневой типа Ш или УШ, собранный из штампованных пластин; *б* — то же из пластин типа Шпр; *в* — броневой витой из ленты разрезной; *г* — стержневой витой из ленты разрезной.

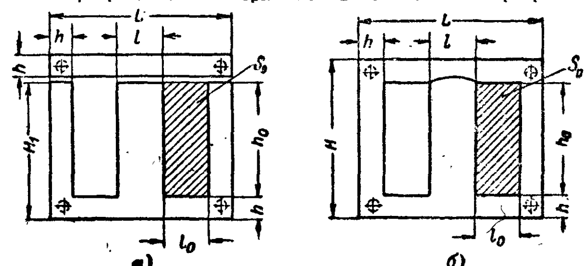


Рис. 9. Пластины для сборки броневых магнитопроводов.

а — типов Ш, УШ, Я и УП; *б* — типа Шпр.

клея. Полученное изделие разрезают поперек на две части, имеющие форму букв Ш. Их торцы тщательно шлифуют так, чтобы при обратном составлении их вместе между ними не было воздушного зазора.

Тип магнитопровода	Габаритные размеры магнитопровода и пластин					Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}$, $см^2$	Размеры окна			Число пластин каждого типа в магнитопроводе	
	L, мм	H, мм	H_1, мм	h, мм	B, мм		l_0, мм	h_0, мм	S_0, $см^2$	Толщина пластины 0,35 мм	Толщина пластины 0,5 мм
Ш16×20	64 64	40 56	32 48	8 8	20 20	2,9 2,9	16 16	24 40	3,8 6,4	51 51	37 37
Ш16×24	48	40	32	8	24	3,5	8	24	1,9	61	45
Ш16×25	64 64	40 56	32 48	8 8	25 25	3,6 3,6	16 16	24 40	3,8 6,4	63 63	47 47
Ш16×32	48 64 64	40 40 56	32 32 48	8 8 8	32 32 32	4,6 4,6 4,6	8 16 16	24 24 40	1,9 3,8 6,4	83 83 83	60 60 60
Ш16×40	64 64	40 56	32 48	8 8	40 40	5,8 5,8	16 16	24 40	3,8 6,4	103 103	75 75
Ш18×18	54	45	36	9	18	2,9	9	27	2,4	47	34
Ш18×27	54	45	36	9	27	4,4	9	27	2,4	70	51
Ш18×36	54	45	36	9	36	5,8	9	27	2,4	94	68
УШ19×19	67	57,5	45,5	12	19	3,2	12	33,5	4	49	36
УШ19×29	67	57,5	45,5	12	29	4,9	12	33,5	4	73	54
УШ19×38	67	57,5	45,5	12	38	6,5	12	33,5	4	98	72
Ш20×20	60 80 80	50 50 70	40 40 60	10 10 10	20 20 20	3,6 3,6 3,6	10 20 20	30 30 50	3,0 6,0 10	53 53 53	38 38 38
Ш20×25	80 80	50 70	40 60	10 10	25 25	4,5 4,5	20 20	30 50	6,0 10	65 65	47 47
Шпр20×27	65	65	—	10	27	4,9	12,5	45	5,6	70	51

проводы из пластин

Габаритная мощность, *ва*,	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки			Плотность тока в обмотках δ, *а/мм²*
	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 17 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*	
9—11 15—18	2 880 2 900	1 660 1 675	1 440 1 450	220 225	17 17	108 108	85 85	3,0—3,8 2,7—3,5
5—7	2 380	1 375	1 190	185	13,3	84	66	3,4—4,2
10—12 18—22	2 290 2 310	1 320 1 335	1 145 1 155	175 180	13 12,7	82 80	65 64	2,9—3,6 2,6—3,4
7—9 12—15 22—27	1 830 1 830 1 840	1 055 1 055 1 060	915 915 920	140 140 140	10,0 10,0 9,9	63 63 62	50 50 50	3,3—4,1 2,8—3,5 2,5—3,2
15—18 27—32	1 480 1 500	855 865	740 750	115 115	7,8 7,7	49 49	39 39	2,6—3,3 2,4—3,0
8—10	3 300	1 900	1 650	250	20,0	126	100	4,2—5,2
11—13	2 320	1 340	1 160	180	12,0	76	60	3,8—5,0
14—17	1 760	1 020	880	140	9,0	57	45	3,3—4,1
9,5—12	2 380	1 375	1 190	185	13,0	82	65	3,0—3,7
14—17	1 430	825	715	110	7,3	46	32	2,8—3,5
18—22	1 120	647	560	87	5,6	36	29	2,5—3,2
12—15 15—18 25—32	2 320 2 340 2 360	1 340 1 350 1 360	1 160 1 170 1 180	180 180 180	13,2 13,2 13,2	84 84 84	66 66 66	3,9—4,8 2,8—3,5 2,5—3,2
18—22 32—40	1 890 1 920	1 090 1 110	945 960	145 150	10,5 10,4	66 65	53 52	2,7—3,4 2,5—3,1
20—25	1 810	1 045	905	140	10,0	63	50	3,5—4,3

Тип магнитопровода	Габаритные размеры магнитопровода и пластин					Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}$, $см^2$	Размеры окна			Число пластин каждого типа в магнитопроводе	
	L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*		l_0, *мм*	h_0, *мм*	S_0 $см^2$	Толщина пластины 0,35 *мм*	Толщина пластины 0,5 *мм*
Ш20×30	60	50	40	10	30	5,4	10	30	3,0	78	57
Ш20×32	80	50	40	10	32	5,8	20	30	6,0	83	60
	80	70	60	10	32	5,8	20	50	10	83	60
Ш20×40	60	50	40	10	40	7,2	10	30	3,0	104	75
	80	50	40	10	40	7,2	20	30	6,0	104	75
	80	70	60	10	40	7,2	20	50	10	104	75
Ш20×50	80	50	40	10	50	9	20	30	6,0	130	94
	80	70	60	10	50	9	20	50	10	130	94
Ш22×22	66	55	44	11	22	4,4	11	33	3,6	57	42
Ш22×33	66	55	44	11	33	6,6	11	33	3,6	86	63
УШ22×22	78	67	53	14	22	4,4	14	39	5,4	57	42
УШ22×33	78	67	53	14	33	6,6	14	39	5,4	86	63
УШ22×44	78	67	53	14	44	8,8	14	39	5,4	114	84
Ш25×25	100	62,5	50	12,5	25	5,6	25	37,5	9.4	65	47
	100	87,5	75	12,5	25	5,6	25	62,5	15,6	65	47
Ш25×32	100	62,5	50	12,5	32	7,2	25	37,5	9,4	83	60
	100	87,5	75	12,5	32	7,2	25	62,5	15,6	83	60
Ш25×40	100	62,5	50	12,5	40	9	25	37,5	9,4	104	75
	100	87,5	75	12,5	40	9	25	62,5	15,6	104	75
Ш25×50	100	62,5	50	12,5	50	11,3	25	37,5	9,4	130	94
	100	87,5	75	12,5	50	11,3	25	62,5	15,6	130	94
Ш25×63	100	62,5	50	12,5	63	14	25	37,5	9,4	163	118
	100	87,5	75	12,5	63	14	25	62,5	15,6	163	118

Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 17 *в*	Число витков вторичной обмотки на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*	Плотность тока в обмотках δ, *а/мм²*
16—20	1 540	890	770	120	8,4	53	42	3,5—4,3
20—27 40—48	1 510 1 520	870 880	755 760	115 120	8,0 8,0	50 50	40 40	2,6—3,2 2,4—3,0
20—25 25—30 45—58	1 210 1 200 1 210	700 695 700	605 600 605	95 95 95	6,4 6,2 6,2	41 39 39	32 31 31	3,2—4,0 2,5—3,1 2,3—2,9
30—37 55—70	960 950	555 550	480 475	75 75	4,9 4,9	31 31	25 25	2,4—3,0 2,2—2,7
15—18	1 880	1 145	990	155	11,0	70	55	3,2—4,0
22—27	1 320	765	660	105	7,0	44	35	2,9—3,6
16—20	1 760	1 015	880	135	9,3	59	44	2,5—3,1
23—29	1 190	690	595	95	6,0	38	30	2,3—2,9
28—34	900	520	450	70	4,3	27	22	2,1—2,6
32—39 52—72	1 520 1 520	880 880	760 760	120 120	8,2 8,1	51 51	41 41	2,5—3,1 2,3—2,9
40—50 70—90	1 200 1 210	695 700	600 605	95 95	6,2 6,3	39 40	31 31	2,4—3,0 2,2—2,8
45—55 80—100	970 970	560 560	485 485	75 75	4,9 4,9	31 31	24 24	2,3—2,9 2,1—2,7
50—65 100—130	780 770	450 445	390 385	60 60	3,9 3,8	25 24	19 19	2,2—2,8 2,1—2,6
60—75 120—155	640 640	370 370	320 320	50 50	3,15 3,1	20 20	16 15,5	2,1—2,7 2,0—2,5

Тип магнитопровода	Габаритные размеры магнитопровода и пластин					Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}$, $см^2$	Размеры окна			Число пластин каждого типа в магнитопроводе	
	L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*		l_0, *мм*	h_0, *мм*	S_0, $см^2$	толщина пластины 0,35 *мм*	толщина пластины 0,5 *мм*
УШ26×26	94	81	64	17	26	6,2	17	47	8	68	49
УШ26×39	94	81	64	17	39	9,3	17	47	8	102	73
УШ26×52	94	81	64	17	52	12,4	17	47	8	136	98
Ш28×28	84	70	56	14	28	7,1	14	42	5,9	73	53
Ш28×42	84	70	56	14	42	10,8	14	42	5,9	73	53
УШ30×30	106	91	72	19	30	8,1	19	53	10	78	57
УШ30×45	106	91	72	19	45	12,1	19	53	10	117	85
УШ30×60	106	91	72	19	60	16,2	19	53	10	154	113
Ш32×32	128 128	80 112	64 96	16 16	32 32	9,3 9,3	32 32	48 80	15,4 25,6	83 83	60 60
Ш32×40	128 128	80 112	64 96	16 16	40 40	11,5 11,5	32 32	48 80	15,4 25,6	104 104	75 75
Ш32×50	128 128	80 112	64 96	16 16	50 50	14,4 14,4	32 32	48 80	15,4 25,6	130 130	94 94
Ш32×63	128 128	80 112	64 96	16 16	63 63	18 18	32 32	48 80	15,4 25,6	163 163	118 118
Ш32×80	128 128	80 112	64 96	16 16	80 80	23 23	32 32	48 80	15,4 25,6	208 208	105 105
Ш34×35	102	102	—	17	35	10,9	17	68	11,6	91	64
Ш34×52	102	102	—	17	52	16,4	17	68	11,6	136	98

Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки			Плотность тока в обмотках δ, *а/мм²*
	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 17 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*	
33—42	1 200	690	600	93	6,0	38	30	2,4—3,0
50—60	815	470	407	63	4,0	25,5	20	2,2—2,7
60—65	570	340	285	45	3,0	19	15	2,0—2,2
40—50	1 340	780	670	110	7,0	44	35	3,0—3,7
55—70	890	515	445	70	4,5	29	22	2,6—3,2
55—70	920	532	460	72	4,6	29	23	2,3—2,8
75—95	680	395	340	55	3,3	21	17	2,1—2,6
90—115	520	300	260	40	2,5	16	13	1,9—2,4
80—105 110—140	980 990	565 570	490 495	75 77	5,0 5,0	31 31	25 25	2,3—2,8 2,1—2,6
100—125 170—210	750 800	435 460	375 400	60 61	3,8 3,8	25 25	20 20	2,2—2,7 2,0—2,5
120—160 200—250	660 660	380 380	330 330	51 51	3,2 3,2	20 20	16 16	2,0—2,5 1,9—2,4
160—195 240—295	560 560	325 325	280 280	43 43	2,75 2,7	17,5 17	13,5 13,5	1,9—2,4 1,9—2,3
180—220 300—360	420 430	243 249	210 215	33 34	2,0 2,0	12,5 12,5	10 10	1,8—2,3 1,8—2,2
90—110	920	532	460	72	4,6	29	23	2,4—3,0
140—175	550	320	275	45	2,7	17	13,5	2,2—2,7

Тип магнитопровода	Габаритные размеры магнитопровода и пластин					Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}$, *см²*	Размеры окна			Число пластин каждого типа в магнитопроводе	
	L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*		l_0, *мм*	h_0, *мм*	S_0, *см²*	толщина пластины 0,35 *мм*	толщина пластины 0,5 *мм*
УШ35×35	123	105,5	83,5	22	35	11,2	22	61,5	13,5	91	64
УШ35×52	123	105,5	83,5	22	52	16,8	22	61,5	13,5	136	98
УШ35×70	123	105,5	83,5	22	70	22,4	22	61,5	13,5	182	128
Ш35×35	130	105	87,5	17,5	35	11,2	30	70	21	91	64
Ш35×45	130	105	87,5	17,5	45	14,4	30	70	21	118	85
УШ40×40	144	124	98	26	40	14,5	26	72	18,7	104	75
УШ40×60	144	124	98	26	60	21,7	26	72	18,7	156	112
УШ40×80	144	124	98	26	80	29	26	72	18,7	208	150
Ш40×40	160 160	100 140	80 120	20 20	40 40	14,4 14,4	40 40	60 100	24 40	104 104	75 75
Ш40×50	160 160	100 140	80 120	20 20	50 50	18 18	40 40	60 100	24 40	130 130	94 94
Ш40×63	160 160	100 140	80 120	20 20	63 63	23 23	40 40	60 100	24 40	163 163	118 118
Ш40×80	160 160	100 140	80 120	20 20	80 80	29 29	40 40	60 100	24 40	208 208	150 150
Ш40×100	160 160	100 140	80 120	20 20	100 100	36 36	40 40	60 100	24 40	260 260	188 188

Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки			Плотность тока в обмотках δ, *а/мм²*
	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 17 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*	
100—120	720	415	360	55	3,5	22	17,5	2,1—2,6
135—170	496	286	248	38	2,35	15	12	1,9-2,4
170—210	364	210	182	28	1,7	11	8,5	1,8—2,2
180—220	840	485	420	65	3,95	25	20	1,9—2,3
220—270	620	358	310	48	3,0	19	15	1,7—2,1
170—210	560	325	280	45	2,7	17	13	1,9—2,3
250—300	390	225	195	30	1,8	11,5	9	1,8—2,2
310—380	300	174	150	24	1,41	9	7	1,7—2,1
190—240 300—375	660 670	380 387	330 335	50 52	3,3 3,3	21 21	16,5 16,5	2,0—2,5 1,8—2,3
240—300 350—450	530 540	305 312	265 270	40 42	2,6 2,6	17 17	13 13	1,9—2,4 1,8—2,2
280—350 430—540	440 450	255 260	220 225	35 35	2,2 2,2	14 14	11 11	1,8—2,3 1,7—2,1
340—430 530—660	316 322	182 186	158 161	24 25	1,5 1,5	9,5 9,5	7,5 7,5	1,8—2,2 1,6—2,0
400—500 650—800	260 266	151 156	130 133	21 23	1,25 1,25	8 8	6 6	1,7—2,1 1,5—1,9

Тип магнитопровода	Габаритные размеры			Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}$, $см^2$	Размеры окна		
	L, *мм*	H, *мм*	B, *мм*		l_0, *мм*	h_0, *мм*	S_0, $см^2$
ШЛ16×20	64	56	20	2,9	16	40	6,4
ШЛ16×25	64	56	25	3,6	16	40	6,4
ШЛ16×32	64	56	32	4,6	16	40	6,4
ШЛ20×20	80	70	20	3,6	20	50	10,0
ШЛ20×25	80	70	25	4,5	20	50	10,0
ШЛ20×32	80	70	32	5,7	20	50	10,0
ШЛ20×40	80	70	40	7,2	20	50	10,0
ШЛ25×25	100	87,5	25	5,6	25	62,5	15,6
ШЛ25×32	100	87,5	32	7,2	25	62,5	15,6
ШЛ25×40	100	87,5	40	9,0	25	62,5	15,6
ШЛ25×50	100	87,5	50	11,2	25	62,5	15,6
ШЛ32×32	128	112	32	9,2	32	80	25,6
ШЛ32×40	128	112	40	11,5	32	80	25,6
ШЛ32×50	128	112	50	14,4	32	80	25,6
ШЛ32×64	128	112	64	18,4	32	80	25,6
ШЛ40×40	160	140	40	14,4	40	100	40,0
ШЛ40×50	160	140	50	18,0	40	100	40,0
ШЛ40×64	160	140	64	23,0	40	100	40,0
ШЛ40×80	160	140	80	28,8	40	100	40,0

Таблица 2

магнитопроводы

Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки			Плотность тока в обмотках δ, *а/мм²*
	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 17 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*	
15—20	2 200	1 270	1 100	170	12	78	60	1,7—2,2
18—25	1 900	1 100	950	150	10,2	65	51	2,0—2,5
25—30	1 430	825	715	110	7,4	47	37	2,4—3,0
35—45	1 800	1 040	900	140	9,7	61	49	2,15—2,7
45—55	1 450	840	725	115	7,5	48	37	2,15—2,7
60—75	1 140	660	570	90	5,8	37	39	2,15—2,7
70—85	990	572	495	77	5,0	32	25	2,1—2,6
100—125	1 280	740	640	100	6,7	42	33	2,0—2,5
120—150	970	560	485	75	4,9	31	24	1,9—2,4
150—190	780	450	390	60	3,9	25	19	1,8—2,3
180—230	650	375	325	50	3,2	20	16	1,7—2,2
250—310	800	462	400	62	4,0	25	20	1,8—2,3
300—380	620	358	310	48	3,0	19	15	1,75—2,2
390—490	510	295	255	40	2,5	16	12,5	1,7—2,1
450—580	396	230	198	31	1,9	12	9,5	1,6—2,0
550—690	506	292	253	39	2,5	16	12,5	1,6—2,0
670—850	408	236	204	32	2,0	12,5	10	1,5—1,9
800—1000	314	181	157	24	1,5	9,5	7,5	1,4—1,8
950—1200	250	145	125	20	1,2	7,5	6,0	1,4—1,8

4. Стержневые витые разрезные (рис. 8,*г* и табл. 3). Технология их изготовления аналогична технологии броневых витых магнитопроводов. Стержневой магнитопровод состоит из двух П-образных частей.

Роль изоляции между пластинами. Магнитопроводы изготовляют «слоистыми» — из листовой или ленточной стали для того, что-

Стержневые ленточные

Тип магнитопровода	Габаритные размеры			Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}$, *см*²	Размеры окна		
	L, *мм*	*H*, *мм*	*B*, *мм*		l_0, *мм*	h_0, *мм*	S_0, *см*²
ПЛ12,5×16-25	41	50	16	1,77	16	25	4,0
ПЛ12,5×16-32	41	55	16	1,77	16	32	5,1
ПЛ12,5×16-40	41	65	16	1,77	16	40	6,4
ПЛ12,5×16-50	41	75	16	1,77	16	50	8,0
ПЛ12,5×25-30	45	55	25	2,76	20	30	6,0
ПЛ12,5×25 40	45	65	25	2,76	20	40	8,0
ПЛ12,5×25-50	45	75	25	2,76	20	50	10,0
ПЛ12,5×25-60	45	85	25	2,76	20	60	12,0
ПЛ16×32-40	57	72	32	4,54	25	40	10,0
ПЛ16×32-50	57	82	32	4,54	25	50	12,5
ПЛ16×32 65	57	97	32	4,54	25	65	16,3
ПЛ16×32-80	57	112	32	4,54	25	80	20,0
ПЛ20×40-50	72	90	40	7,10	32	50	16,0
ПЛ20×40 60	72	100	40	7,10	32	60	19,2
ПЛ20×40 80	72	120	40	7,10	32	80	25,6
ПЛ20×40-100	72	140	40	7,10	32	100	32,0
ПЛ25×50-65	90	115	50	11,1	40	65	26,0
ПЛ25×50-80	90	130	50	11,1	40	80	32,0
ПЛ25×50-100	90	150	50	11,1	40	100	40,0
ПЛ25×50-120	90	170	50	11,1	40	120	48,0
ПЛ32×64-80	114	144	64	18,2	50	80	40,0
ПЛ32×64-100	114	164	64	18,2	50	100	50,0
ПЛ32×64 130	114	194	64	18,2	50	130	65,0
ПЛ32×64-160	114	224	64	18,2	50	160	80,0

бы увеличить их сопротивление возникающим в них вихревым токам.

В магнитопроводах из пластин это достигается тем, что поверхность каждой из них покрыта тонкой пленкой окиси, обладающей плохой электропроводностью.

Применение пластин, покрытых слоем изоляционного лака или

Таблица 3

витые магнитопроводы

Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки			Плотность тока в обмотках δ, *а/мм²*
	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 17 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*	
10—12 12—15 14—18 16—20	3 410	1 960	1 705	255	20,6	136	103	3,6—4,5
20—25 25—32 32—40 40—50	2 220	1 280	1 110	170	12,3	77	61	3,2—4,0
50—62 65—80 80—100 105—130	1 290	745	645	100	6,7	42	33	2,8—3,5
130—160 160—200 200—250 250—310	832	480	415	65	4,2	26	21	2,8—3,5
300—380 360—450 440—550 550—680	552	319	276	43	3,0	19	15	2,7—3,4
700—900 900—1100 1000—1250 1300—1600	332	192	166	26	1,6	10	8	2,4—3,0

оклеенных папиросной бумагой, практически не дает заметного уменьшения потерь на вихревые токи.

После окончания сборки трансформатора части магнитопроводов плотно стягивают между собой скобами. Если пластины, из которых собран магнитопровод, имеют отверстия, то его стягивают болтами, пропущенными сквозь эти отверстия. Чтобы не увеличивать потери на вихревые токи, болты изолируют от пластин втулками из бумаги или иного материала.

Обозначение пластин. Обозначение типа Ш-образной пластины состоит из буквы Ш или букв УШ и числа, выражающего ширину ее среднего стержня l в миллиметрах (например, Ш-16, УШ-16). Обозначение типа прямой замыкающей пластины состоит из буквы Я или букв УП (к пластинам УШ) и такого же числа, какое имеется в обозначении типа комплектной к ней Ш-образной пластины.

Пластины с просечкой обозначают буквами Шпр. Число в обозначении их типа имеет такое же значение, как и в обозначении пластин типа Ш.

Ширина каждого из боковых стержней пластины типа УШ, а также ширина комплектной к ней замыкающей пластины типа УП составляет примерно $^2/_3$ от ширины среднего стержня; ширина боковых стержней пластин типов Ш и Шпр и комплектных к пластинам типа Ш пластин типа Я обычно составляет половину ширины среднего стержня.

Пластины типа Ш при одинаковой ширине стержней изготавливаются с окнами различной высоты h_0 и ширины l_0.

Обозначения магнитопроводов. Обозначение броневого магнитопровода из Ш-образных пластин состоит из обозначения типа этих пластин, знака умножения и числа, выражающего толщину магнитопровода в миллиметрах. Так, например, магнитопровод из пластин типов Ш-25 и Я-25, имеющий толщину 40 *мм*, обозначают Ш-25×40.

Обозначение витого разрезного броневого магнитопровода состоит из букв ШЛ (первые буквы слов: Ш-образный и ленточный) и двух разделенных знаком умножения чисел, первое из которых указывает ширину среднего стержня l, а второе — толщину магнитопровода B в миллиметрах.

Обозначение витого стержневого разрезного магнитопровода состоит из букв ПЛ и трех чисел, первое из которых указывает ширину стержня l, второе — толщину магнитопровода B и третье — высоту окна h_0. Все размеры в миллиметрах.

Площадь сечения магнитопровода. Вследствие того, что на поверхности пластин имеется оксидная пленка или иная изоляция между пластинами или слоями ленты, а также из-за невозможности совершенно плотно уложить пластины или намотать ленту, полезная площадь сечения магнитопровода $S_{ст}$ всегда меньше произведения ширины стержня l на его толщину B.

Отношение $S_{ст}/lB$ называют коэффициентом заполнения по стали; он обозначается $K_{ст}$. Для пластин различной толщины ориентировочные его значения приведены в табл. 4. Если пластины деформированы, то коэффициент заполнения по стали меньше.

Площадь сечения $S_{ст}$ и веса, указанные в табл. 1, относятся к магнитопроводам из пластин толщиной 0,35 *мм*, не покрытых лаком и не оклеенных бумагой. В табл. 2 и 3 приведены полезные площади сечения $S_{ст}$ и веса витых магнитопроводов из ленты такой же толщины; при этом $K_{ст} \approx 0{,}9$.

Площадь окна S_0 магнитопровода определяется как произведение его ширины l_0 на высоту h_0.

Таблица 4

Коэффициенты заполнения магнитопроводов по стали

Толщина пластины, *мм*	Коэффициент заполнения		
	пластины со слоем окиси	пластины, покрытые слоем лака[1]	пластины, оклеенные папиросной бумагой
0,1	0,7	0,65	—
0,2	0,85	0,76	—
0,35	0,91	0,86	0,83
0,5	0,94	0,92	0,88

[1] При толщине слоя около 10 *мк*.

РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ ПИТАНИЯ

Исходные данные для расчета. Таковыми являются действующие значения напряжений и токов, которые нужно получить от трансформатора (автотрансформатора), и номинальные напряжения электросети, от которых он должен будет работать.

Конечные результаты расчета. Путем расчета нужно получить габаритные размеры трансформатора (автотрансформатора), определяемые площадью сечения магнитопровода $S_{ст}$ и площадью его окна S_0, числа витков его обмоток (w_I, w_{II} и т. д.) и диаметры проводов d_I, d_{II} и т. д.

Габаритная мощность. Размеры магнитопровода должны быть тем больше, чем больше габаритная (типовая) мощность трансформатора. Она выражается в вольт-амперах, т. е. представляет собой «кажущуюся мощность». Определяется она как полусумма кажущихся мощностей всех обмоток трансформатора (первичной и вторичных). Кажущаяся мощность каждой из обмоток определяется как произведение действующих значений в ней тока в амперах и э. д. с. в вольтах.

Если трансформатор работает на выпрямитель, собранный по мостовой схеме или по схеме с удвоением напряжения (а также для случая трансформатора накала), то при полной нагрузке вторичных обмоток мощность, поступающая в первичную обмотку, примерно равна габаритной мощности. В случае же работы трансформатора на выпрямитель, собранный по двухполупериодной двуплечей схеме или по однополупериодной схеме, габаритная мощность трансформатора больше мощности, поступающей из сети в его первичную обмотку.

Габаритная мощность автотрансформатора, как правило, меньше мощности, потребляемой им от электросети. Она тем меньше, чем меньше отношение напряжения сети к снимаемому напряжению. Применение автотрансформатора особенно выгодно, когда от него нужно получить напряжение, близкое по величине к напряжению питающей электросети. В этом случае габаритная мощность авто-

трансформатора значительно меньше габаритной мощности трансформатора такого же назначения.

Требуемые габаритные мощности трансформаторов и автотрансформаторов для выпрямителей можно вычислить по формулам, приведенным в табл. 5. Для случая полупроводникового выпрямителя на селеновых вентилях, если они полностью используются по току, при расчете следует использовать в формулах бо́льшие, а для случая выпрямителя на германиевых или кремниевых вентилях (и на селеновых вентилях при недогрузке их по току) меньшие численные коэффициенты.

При расчете габаритной мощности автотрансформатора, предназначаемого для работы от электросетей с различными напряжениями, в формулу нужно подставлять наименьшее напряжение сети в случае повышающего автотрансформатора (например, величину 110 *в* для схемы на рис. 6) и наибольшее в случае понижающего. Если автотрансформатор при напряжении сети 220 *в* (или 127 *в*) работает как понижающий, а при меньших напряжениях сети как повышающий (рис. 7), то нужно вычислить габаритную мощность как для наибольшего, так и для наименьшего номинального напряжения сети и из полученных двух величин выбрать наибольшую.

Чем больше площадь полезного сечения магнитопровода $S_{ст}$ и площадь его окна S_0, тем больше габаритная мощность трансформатора (автотрансформатора), который можно изготовить на данном магнитопроводе. Габаритная мощность трансформатора (автотрансформатора) зависит также от температуры, до которой может быть допущен его нагрев, а последний тем сильнее, чем больше плотность тока δ в обмотках.

Для трансформаторов или автотрансформаторов с обмотками из проводов марок ПЭЛ, ПБО, ПБД, ПШД, ПЭЛШО и ПЭЛШД температура нагрева не должна превышать 100° С, а с обмотками из проводов с теплостойкой изоляцией марок ПЭВ и ПЭТ—125° С.

Перегрев трансформаторов и автотрансформаторов. Температура, до которой нагревается трансформатор (автотрансформатор), равна сумме температур окружающего воздуха и перегрева, т. е. температура перегрева характеризует превышение температуры трансформатора над температурой окружающего воздуха при длительной работе на нагрузку.

В табл. 1, 2 и 3 указаны по два значения габаритной мощности и по два значения плотности тока в обмотках для магнитопроводов типовых размеров, выпускаемых отечественной промышленностью. Это предельные габаритные мощности, которые можно получить при намотке трансформаторов проводами ПЭЛ, ПЭВ, ПЭТ любого диаметра и ПБД диаметром более 1 *мм*. При использовании проводов ПШД, ПЭЛШО, ПЭЛШД и подобных им, имеющих при тех же диаметрах жилы более толстую изоляцию, предельные габаритные мощности будут меньше.

Меньшие из указанных предельных мощностей и плотностей токов соответствуют перегреву не более 35° С, а бо́льшие — перегреву около 50°С.

Если трансформатор будет хорошо охлаждаться окружающим воздухом (смонтирован на открытой панели), то можно принять бо́льшие плотности тока в обмотках и соответственно иметь бо́льшие габаритные мощности. Тогда при температуре воздуха 25°С трансформатор при длительной работе будет нагреваться до температуры 25+50=75°С.

Таблица 5

Формулы для расчета параметров трансформаторов и автотрансформаторов

Тип выпрямителя	Параметры трансформатора, автотрансформатора	Схема выпрямителя			
		Однополупериодная	Двухполупериодная		С удвоением напряжения
			двуплечая	мостовая	
Полупроводниковый	Габаритная мощность: трансформатора	$(2{,}2 \div 2{,}5)\,U_0 I_0 + 1{,}2 U_{н.л}\, I_{н.л}$	$(2{,}0 \div 2{,}2)\,U_0 I_0 + 1{,}2 U_{н.л}\, I_{н.л}$	$(1{,}6 \div 1{,}8)\,U_0 I_0 + 1{,}2\, U_{н.л}\, I_{н.л}$	$(1{,}6 \div 1{,}8)\,U_0 I_0 + 1{,}2 U_{н.л}\, I_{н.л}$
	автотрансформатора повышающего	$2{,}8\,[(0{,}8 \div 0{,}9)\,U_0 - U_c]\,I_0 + 1{,}2 U_{н.л}\, I_{н.л}$	—	$2\,[(0{,}8 \div 0{,}9)\,U_0 - U_c] I_0 + 1{,}2 U_{н.л}\, I_{н.л}$	$4\,[(0{,}4 \div 0{,}5)\,U_0 - U_c]\,I_0 + 1{,}2 U_{н.л}\, I_{н.л}$
	автотрансформатора понижающего	$(2{,}2 \div 2{,}5) \times \left[1 - \frac{(0{,}8 \div 0{,}9)\,U_0}{U_c}\right] \times U_0 I_0 + 1{,}2 U_{н.л}\, I_{н.л}$	—	$(1{,}6 \div 1{,}8) \times \left[1 - \frac{(0{,}8 \div 0{,}9) U_0}{U_c}\right] \times U_0 I_0 + 1{,}2 U_{н.л}\, I_{н.л}$	$(1{,}6 \div 1{,}8) \times \left[1 - \frac{(0{,}4 \div 0{,}5) U_0}{U_c}\right] \times U_0 I_0 + 1{,}2 U_{н.л}\, I_{н.л}$
	Действующее напряжение обмотки *II*, работающей на вентиль	$(0{,}8 \div 0{,}9)\,U_0$	$2\,(0{,}8 \div 0{,}9)\,U_0$	$(0{,}8 \div 0{,}9)\,U_0$	$(0{,}4 \div 0{,}5)\,U_0$
	Действующий ток в обмотке *II*, работающей на вентиль	$2{,}6 I_0$	$1{,}3 I_0$	$1{,}8 I_0$	$3{,}6 I_0$

Продолжение табл. 5

Тип выпрямителя	Параметры трансформатора, автотрансформатора	Схема выпрямителя			
		Однополупериодная	Двухполупериодная		С удвоением напряжения
			двуплечая	мостовая	
Кенотронный	Габаритная мощность: трансформатора	$2{,}6U_0I_0+$ $+1{,}2(U_{\text{н.л}}I_{\text{н.л}}+$ $+U_{\text{н.к}}I_{\text{н.к}})$	$2{,}3U_0I_0+$ $+1{,}2(U_{\text{н.л}}I_{\text{н.л}}+$ $+U_{\text{н.к}}I_{\text{н.к}})$	—	—
	автотрансформатора повышающего	$2{,}6(U_0-U_c)I_0+$ $+1{,}2(U_{\text{н.л}}I_{\text{н.л}}+$ $+U_{\text{н.к}}I_{\text{н.к}})$	—	—	—
	автотрансформатора понижающего	$2{,}6\left(1-\frac{U_0}{U_c}\right)U_0I_0+$ $+1{,}2(U_{\text{н.л}}I_{\text{н.л}}+$ $+U_{\text{н.к}}I_{\text{н.к}})$	—	—	—
	Действующее напряжение обмотки *II* (анодной)	U_0	$2U_0$	—	—
	Действующий ток в обмотке *II* (анодной)	$2{,}5I_0$	$1{,}2I_0$	—	—

Температура внутри ящика приемника или иного устройства вследствие выделения тепла самим трансформатором, лампами и другими элементами всегда выше температуры окружающего воздуха. Это особенно заметно в малогабаритных ламповых приемниках. В этих случаях обмотки трансформатора следует рассчитывать на плотности тока по нижнему пределу. Если, например, температура воздуха внутри приемника будет 45°С, то трансформатор нагреется до температуры 45+35=80°С.

Плотность тока во внешних обмотках (например, в обмотках накала ламп) может быть на 15—25% больше, чем во внутренних, при условии, что в последних плотности тока будут снижены.

Выбор магнитопровода. Магнитопровод нужно выбирать так, чтобы его габаритная мощность, вычисленная по соответствующей формуле, приведенной в табл. 5, не превышала предельной габаритной мощности (с учетом допустимого перегрева). Рекомендуется выбирать магнитопровод такого размера, чтобы требуемая габаритная мощность была на 10—20% меньше предельно допустимой.

Наиболее целесообразно применять магнитопроводы с отношением толщины *B* к ширине стержня *l* в пределах 1,5—2 (например: Ш20×30, УШ30×60). При бо́льших отношениях *B*/*l* затрудняется плотная намотка обмоток, так как с боковых сторон (сторон большего размера) витки ложатся недостаточно плотно (вспучиваются). Магнитопроводы с отношением *B*/*l*=1 (например, Ш20×20) и меньше следует применять лишь в тех случаях, когда габариты трансформатора имеют существенное значение.

На намотку трансформатора или автотрансформатора с магнитопроводом из пластин типа УШ расходуется примерно на 10% меньше провода, чем на трансформатор с такой же габаритной мощностью, но с магнитопроводом из пластин типа Ш.

На намотку трансформатора с витым магнитопроводом расход провода на 15—20% меньше, чем на трансформатор такой же габаритной мощности, но с магнитопроводом, собранным из штампованных пластин. При этом вес витого магнитопровода примерно в 2 раза меньше.

Расчет первичной обмотки трансформатора. Числа витков первичных обмоток трансформаторов, выполненных на магнитопроводах типовых размеров, указаны в табл. 1, 2 и 3.

В случае выполнения первичной обмотки по схеме, приведенной на рис. 1, общее число ее витков нужно брать из графы «на 220 *в*», а число витков секции *Iа* — из графы «на 127 *в*». Если первичная обмотка выполняется по схеме на рис. 2, то полное число ее витков также берут из графы «на 220 *в*», число витков секции *Iа* из графы «на 110 *в*» и число витков секции *Iб* из графы «на 17 *в*». В случае же выполнения первичной обмотки по схеме на рис. 3 число витков секций *Iа* и *Iв* следует брать из графы «на 110 *в*», а секций *Iб* и *Iг* — из графы «на 17 *в*».

С помощью графика на рис. 10 определяют ток первичной обмотки трансформатора по величине габаритной мощности, вычисленной по соответствующей формуле, приведенной в табл. 5.

Ток секции *Iа* на рис. 1 и секции *Iб* на рис. 2 определяют по кривой *127 в*, ток секции *Iа* на рис. 2 — по кривой *110 в*, а токи секции *Iб* на рис. 1, секции *Iв* на рис. 2 и всех секций первичной обмотки на рис. 3 — по кривой *220 в*.

Разделив величины тока в секциях первичной обмотки, найденные по графику на рис. 10, на плотность тока δ, взятую из табл. 1, 2 или 3, получают необходимые площади сечения провода s для каждой из этих секций, т. е.

$$s = \frac{I_{\text{секции}}}{\delta}. \qquad (1)$$

После этого по таблицам проводов находят диаметры проводов, соответствующие вычисленным площадям сечения s. Если в таблице нет провода с такой площадью сечения, то выбирают провод диаметром, имеющий ближайшую бо́льшую площадь сечения.

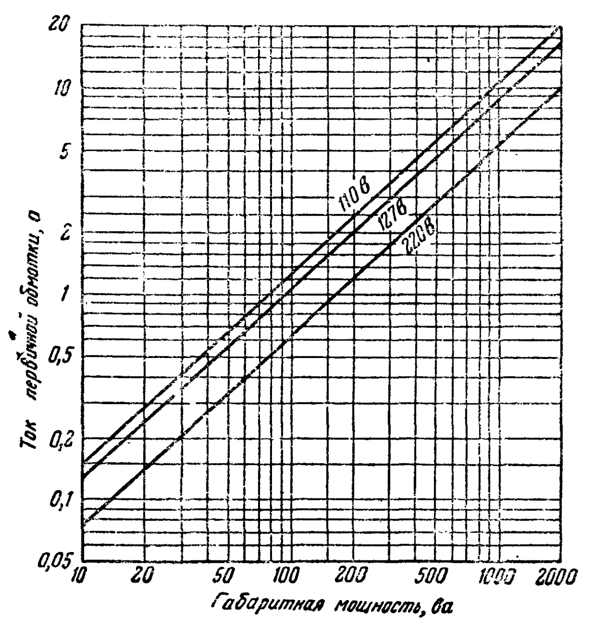


Рис. 10. График для определения тока секций первичной обмотки трансформатора при полной нагрузке.

Диаметр провода d секции первичной обмотки можно также вычислить по формуле

$$d = 1,13\sqrt{\frac{I_{\text{секции}}}{\delta}}. \qquad (2)$$

Расчет вторичных обмоток трансформатора. Число витков каждой из вторичных обмоток можно определить, умножив величину, указанную в графе «Число витков вторичной обмотки на 1 *в*» табл. 1, 2 или 3, на требуемое напряжение этой обмотки. Не-

обходимое напряжение вторичной обмотки, предназначаемой для подачи напряжения на вентили, предварительно вычисляют по соответствующей формуле, приведенной в табл. 5.

Числа витков обмоток накала на напряжения 6,3 и 5 *в* берут непосредственно из соответствующих граф табл. 1, 2 или 3.

Ток вторичной обмотки, предназначаемой для подачи напряжения на вентили, вычисляют по соответствующей формуле, приведенной в табл. 5. Разделив величину тока вторичной обмотки на плотность тока, взятую из той же таблицы, получают необходимую площадь сечения провода. По таблицам проводов находят диаметр провода, соответствующий вычисленной площади сечения. Если в таблице нет провода с нужным сечением, то выбирают провод диаметром, имеющий бо́льшую площадь сечения.

Диаметр провода можно также вычислить по формуле (2).

Расчет обмоток автотрансформатора. При расчете обмоток автотрансформатора пользуются табл. 1, 2 или 3.

Суммарное число витков секций *Iа*, *Iб* и *Iв* автотрансформатора по схеме, приведенной на рис. 5 или 6, или секций *Iа*, *Iб*, *Iв* и *I г* автотрансформатора по схеме, приведенной на рис. 7, берут из графы «на 220 *в*» соответствующей таблицы. Числа витков секций *I а* и *I б* в случае схемы на рис. 6 или 7 берут соответственно из граф «на 110 *в*» и «на 17 *в*» той же таблицы. Суммарное число витков секций *Iа* и *Iб* для схемы на рис. 5 берут из графы «на 127 *в*» той же таблицы.

В случае повышающего автотрансформатора общее число витков, с которых снимается напряжение на нагрузку (для схемы на рис. 6 это общее число витков секций *Iа*, *Iб*, *Iв* и *Iг*) определяют, умножив величину, указанную в графе «Число витков первичной обмотки на 1 *в*», на требуемое напряжение U_{II}, которое вычисляют по соответствующей формуле в табл. 5. Также вычисляют число витков, от которого должен быть сделан отвод на нагрузку в понижающем трансформаторе в схеме на рис. 5 (напряжение на нагрузку снимается с секции *Iа*).

Площади сечения и диаметры проводов секций обмотки автотрансформатора определяют следующим образом:

1. По габаритной мощности автотрансформатора, вычисленной по формулам, приведенным в табл. 5, определяют по графику на рис. 10 токи, потребляемые им от сети (I_{110}, I_{127} и I_{220}).

2. По соответствующей формуле (табл. 5) вычисляют ток вторичной обмотки I_{II}, идущий с автотрансформатора на вентили.

3. Определяют наибольшие значения токов в секциях *Iа*, *Iб*, *Iв* и *I г*, которые в дальнейшем будем соответственно обозначать $I_а$, $I_б$, $I_в$, $I_г$, в следующем порядке:

а) для понижающего автотрансформатора по схеме на рис. 5 ток секции *Iа* вычисляют по формулам

$$\left.\begin{array}{l} I_а = I_{II} - I_{220}; \\ I_а = I_{127} - I_{II} \end{array}\right\} \quad (3)$$

и выбирают для использования при дальнейшем расчете бо́льшую из полученных величин; максимальные величины токов в секциях *Iб* и *Iв* равны

$$I_б = I_{127},\ I_в = I_{220}; \quad (4)$$

б) для понижающего автотрансформатора по схеме на рис. 6 токи в секциях определяют по формулам

$$I_а=I_{110}-I_{II}, \quad (5)$$

$$I_б=I_в=I_г=I_{II}; \quad (6)$$

в) для автотрансформатора по схеме на рис. 7 ток в секции *Iа* вычисляют по формулам

$$\left.\begin{aligned} I_а&=I_{110}-I_{II}, \\ I_а&=I_{II}; \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

ток в секциях *Iб* и *Iв* — по формулам

$$\left.\begin{aligned} I_б&=I_в=I_{II}, \\ I_б&=I_в=I_{220}-I_{II} \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

и выбирают для использования при дальнейших расчетах бóльшие из полученных величин токов для каждой секции; максимальный ток в секции *Iг* равен:

$$I_г=I_{220}. \quad (9)$$

4. Разделив найденные величины тока в секциях *Iа*, *Iб*, *Iг* и *Iд* на плотность тока δ, взятую из табл. 1, 2 или 3 для выбранного размера магнитопровода, получают необходимые площади сечения проводов s для каждой из этих секций. После этого по таблицам проводов находят диаметры d проводов, соответствующие вычисленным площадям сечения s. Если в таблице нет провода с требуемой площадью сечения, то выбирают провод диаметром, имеющий ближайшую бóльшую площадь сечения. Диаметр провода для каждой секции можно также вычислить по формуле (2).

5. Расчет обмоток накала производят по табл. 1, 2 и 3 так же, как и для трансформатора.

Каркасы катушек и изоляция между обмотками. При конструировании трансформаторов и автотрансформаторов с напряжениями обмоток до 250 *в* крайние щеки катушек должны иметь толщину 1,5—2,5 *мм*, а толщина изоляции между обмотками должна быть не менее 0,3—0,5 *мм*. В случае же обмоток с более высокими напряжениями (до 500—700 *в*) крайние щеки катушек должны иметь толщину 2,5—3,5 *мм*, а изоляция между обмотками должна быть не менее 0,5—0,8 *мм*.

Если магнитопровод трансформатора или автотрансформатора собирают из пластин типа Шлр, то высота каркаса должна быть по крайней мере на 3—5 *мм* меньше высоты окна магнитопровода.

Каркасы следует изготовлять из гетинакса, текстолита или плотного картона, склеивая его части клеем БФ или густым шеллачным лаком. Применять столярный или канцелярский клей не следует. Картонный каркас по окончании его изготовления нужно покрыть лаком или клеем БФ или же пропитать его церезином, если трансформатор рассчитан на нагрев до температуры не выше 70°С.

При намотке трансформатора или автотрансформатора проводом в эмалевой изоляции между слоями обмоток через каждые 40—50 *в* следует прокладывать изоляцию толщиной 0,05—0,1 *мм*, например по нескольку слоев конденсаторной бумаги.

Обмотки трансформатора или автотрансформатора с ленточным витым магнитопроводом типа ПЛ наматывают на двух каркасах, располагаемых соответственно на двух стержнях магнитопровода. Витки каждой из обмоток распределяют поровну между обоими каркасами.

Пример расчета трансформатора. Требуется сконструировать трансформатор по схеме на рис. 3 для выпрямителя по мостовой схеме с селеновым столбом АВС-80-260 со следующими данными:

$$U_0=270\ в;\ I_0=70\ ма=0{,}07\ а;\ U_{н.л}=6{,}3\ в;\ I_{н.л}=3\ а.$$

1. Согласно формуле в табл. 5

$$P_т\cong 1{,}8U_0I_0+1{,}2U_{н.л}I_{н.л}=1{,}8\cdot 270\cdot 0{,}07+1{,}2\cdot 6{,}3\cdot 3=57\ ва.$$

2. По табл. 1 выбираем магнитопровод УШ26×52.

3. Согласно этой же таблице секции *Iа* и *Iв* (на 110 *в*) должны иметь по 285 витков, а секции *Iб* и *Iг* (на 17 *в*)—по 45 витков. Ток во всех этих секциях по графику на рис. 10 (линия *220 в*) равен 0,39 *а*. Согласно табл. 1 плотность тока $\delta=2\ а/мм^2$, следовательно, для этих секций необходим провод сечением не менее $0{,}39:2=0{,}195\ мм^2$. Выбираем провод со стандартным диаметром 0,51 *мм* ($s=0{,}204\ мм^2$).

4. Число витков обмотки накала (по табл. 1) равно 19. Так как $I_{н.л}=3\ а$ и $\delta=2\ а/мм^2$, для нее необходим провод сечением не менее $3:2=1{,}5\ мм^2$. Выбираем провод диаметром 1,4 *мм* ($s=1{,}54\ мм^2$).

5. Согласно формуле в табл. 5 для мостовой схемы $U_{II}=0{,}9\,U_0=243\ в$ и $I_{II}=1{,}8I_0=1{,}8\cdot 0{,}07=0{,}126\ а$. По табл. 1 число витков на 1 *в* вторичной обмотки равно 3. Следовательно, повышающая обмотка должна иметь $3\cdot 243=729$ витков. Площадь сечения ее провода (также из расчета $\delta=2\ а/мм^2$) $s\geqslant 0{,}126:2=0{,}063\ мм^2$. Выбираем провод диаметром 0,29 *мм*.

Пример расчета автотрансформатора. Требуется сконструировать автотрансформатор для выпрямителя со следующими данными: $U_0=270\ в$; $I_0=70\ ма=0{,}07\ а$; $U_{н.л}=6{,}3\ в$; $I_{н.л}=3\ а$; $U_c=127$ и 220 *в*. Выпрямитель предполагается выполнить по схеме с удвоением напряжения на диодах типа Д7.

1. По формуле в табл. 5 для такой схемы $U_{II}=0{,}4U_0=0{,}4\times 270\approx 110\ в$.

Следовательно, автотрансформатор во всех случаях будет работать как понижающий (рис. 5).

2. По формуле в табл. 5 для схемы с удвоением напряжения

$$P_{ат}=1{,}6\left(1-\frac{0{,}4U_0}{U_c}\right)U_0I_0+1{,}2U_{н.л}I_{н.л}=1{,}6\left(1-\frac{110}{220}\right)270\cdot 0{,}07+1{,}2\times 6{,}3\cdot 3\approx 39\ ва.$$

3. По табл. 1 выбираем магнитопровод Ш25×40 размерами 100×62,5 *мм*. Согласно этой же таблице полное число витков обмотки для $U_c=220\ в$ должно быть 970, а отвод для $U_c=127\ в$ должен быть сделан от 560-го витка.

4. Число витков секции *Iа* определяем из графы «Число витков первичной обмотки» по величине необходимого напряжения 110 *в* Получаем 485 витков.

5. По графику на рис. 10 ток $I_{127}=0,46$ *а* и ток $I_{220}=0,26$ *а*. По формулам (4) токи секций *Iб* и *Iв*: $I_б=I_{127}=0,46$ *а* и $I_в=I_{220}=0,26$ *а*. По формуле в табл. 5: $I_{II}=3,6\,I_0=3,6\cdot0,07\approx0,25$ *а* и по формуле (3) ток секции *Iа*: $I_а=I_{127}-I_{II}=0,46-0,25=0,21$ *а*.

6. Согласно табл. 1 $\delta=2,3$ *а/мм²*. Следовательно, для секции *Iа* необходим провод сечением не менее $0,2:2,3=0,087$ *мм²*, для секции *Iб* сечением $0,46:2,3=0,2$ *мм²* и для секции *Iв* сечением $0,26:2,3=0,113$ *мм²*.

Выбираем провода с ближайшими стандартными диаметрами: для секции *Iа* — диаметром 0,35 *мм* ($s=0,096$ *мм²*); для секции *Iб* — диаметром 0,51 *мм* ($s=0,204$ *мм²*); для секции *Iв* — диаметром 0,38 *мм* ($s=0,113$ *мм²*). В целях уменьшения ассортимента проводов секции *Iа* и *Iв* можно намотать проводом диаметром 0,38 *мм*.

7. Обмотка накала на напряжение 6,3 *в* согласно табл. 1 должна иметь 31 виток. Так как $I_{н.л}=3$ *а*, при $\delta=2,3$ *а/мм²* провод ее должен иметь $s=3:2,3=1,3$ *мм²*. Выбираем провод диаметром 1,3 *мм* ($s=1,33$ *мм²*).

Трансформаторы питания приемников, радиол и магнитофонов

Название приемника, радиолы, магнитофона	Вентиль	Магнитопровод	Первичная обмотка (сетевая)					Число витков[1] и диаметр провода вторичной обмотки		
			Рисунок	Число витков и диаметр провода секций				повышающей	накала ламп (6,3 *в*)	накала кенотрона
				Iа	*Iб*	*Iв*	*Iг*			
«Байкал», «Дайна», «Маяк»	АВС-80-260	УШ26×26	3	588 0,31	90 0,31	588 0,31	90 0,31	1 368 0,31	38 и 38 1,0 и 1,0	— —
«Баку»	5Ц4С	Ш32×48	2	363 0,51	56 0,51	307 0,33	— —	830+830 0,2	24 1,0	19 1,0
«Беларусь-53»	5Ц4С (2 шт.)	Ш33×55	3	310 0,69	54 0,69	310 0,69	54 0,69	880+880 0,35	20 1,74	16 1,25
«Волна»	6Ц4П	Ш16×36	3	660 0,25	100 0,25	660 0,25	100 0,25	1 560+1 560 0,15	41 0,8	39 0,8
«Днепр-11»	АВС-120-270	Ш32×52	2	385 0,64	60 0,64	325 0,41	— —	900 0,2	23 1,35	— —
«Днепропетровск»	5Ц4С	Ш32×40	2	415 0,51	61 0,51	344 0,35	— —	960+960 0,2	23 1,16	19 1,08
«Дніпро-58»	АВС-80-260	Ш25×32	2	650 0,33	100 0,33	550 0,25	— —	1 520 0,16	39 1,0	— —

Продолжение табл

Название приемника, радиолы, магнитофона	Вентиль	Магнитопровод	Рисунок	Первичная обмотка (сетевая): Число витков и диаметр провода секций				Число витков[1] и диаметр провода вторичной обмотки		
				Iа	*Iб*	*Iв*	*Iг*	повышающей	накала ламп (6,3 *в*)	накала кенотрона
«Казань-2»	АВС-120-270	Ш18×40	1	1 210 0,31	910 0,31	— —	— —	2 300 0,2	73 1,0	70+70[2] 0,41
«Казань-57»	АВС-80-260	Ш18×30	1	1 210 0,31	910 0,31	— —	— —	1 800 0,2	69 1,0	— —
«Латвия»	АВС-80-260	УШ26×26	3	542 0,31	83 0,31	542 0,31	83 0,31	1 290 0,2	35 и 34 1,0 и 0,41	— —
«Люкс», «Люкс-2», «Дружба»	АВС-120-270	УШ26×45	3	325 0,47	50 0,47	325 0,47	50 0,47	750 0,27	10+10 и 20 1,0 и 1,0	— —
«Минск-Р-7-55»	5Ц4С	Ш33×33	3	472 0,35	72 0,35	472 0,35	72 0,35	1 180+1 180 0,14	30 1,0	24 1,0
«Мир»	5Ц3С	Ш40×60	3	197 0,64	31 0,64	197 0,64	31 0,64	550+550 0,31	6+6 1,5	9,5 1,5
«Нева-55»	5Ц4С	Ш33×52	3	368 0,51	57 0,51	368 0,51	57 0,51	960+960 0,25	23 1,2—1,25	18 1,0

Продолжение табл.

Название приемника, радиолы, магнитофона	Вентиль	Магнитопровод	Рисунок	Первичная обмотка (сетевая) — Число витков и диаметр провода секций: *Iа*	*Iб*	*Iв*	*Iг*	Число витков[1] и диаметр провода вторичной обмотки: повышающей	накала ламп (6,3 *в*)	накала кенотрона
«Огонек»	6Ц5С	Ш22×44	1	600 0,35	440 0,25	— —	— —	965 0,15	34 0,87	34 0,49
«Октава», «Мелодия», «Комета», «Волга»	АВС-80-260	УШ26×26	3	534 0,31	82 0,31	534 0,31	82 0,31	1 230 0,23	35 1,0	— —
«Октябрь»	5Ц4С	УШ30×45	3	340 0,49	53 0,49	340 0,49	53 0,49	880+880 0,25	10+10 1,35	17 0,8
«Рига-10»	5Ц4С	Ш40×40	3	341 0,44	53 0,44	341 0,44	53 0,44	800+800 0,25	10,5+10,5 1,5	16 1,0
«Сакта», «Дзинтарс»	АВС-80-260	УШ26×30	3	515 0,35	80 0,35	515 0,35	80 0,35	1 200 0,23	34 0,8	— —
«Стрела»,	6Ц4П[3]	Ш22×33	2	765 0,31	557 0,2	— —	— —	1 140 0,2	44 1,0	— —
«Турист»		Ш9×17	2	2 100 0,12	325 0,12	1 810 0,12	— —	— —	120+120 0,2	— —

Название приемника, радиолы, магнитофона	Вентиль	Магнитопровод	Первичная обмотка (сетевая)					Число витков[1] и диаметр провода вторичной обмотки		
			Рисунок	Число витков и диаметр провода секций						
				Iа	*Iб*	*Iв*	*Iг*	повышающей	накала ламп (6,3 *в*)	накала кенотрона
«Урал-57»	5Ц4С	Ш32×40	3	400 0,31	60 0,31	400 0,31	60 0,31	1 150+1 150 0,2	25 1,0	20 0,8
«Чайка»	5Ц4С	УШ26×52	3	315 0,41	48 0,41	315 0,41	48 0,41	780+780 0,2	20 1,0	16 0,86
«Фестиваль»	АВС-120-270	Ш20×45	3	315 0,38	50 0,38	315 0,38	50 0,38	700 и 50+50[4] 0,29 и 0,29	18+3 1,0	45[5] 0,29
«Эльфа-10»	6Ц4П	Ш28×37	1	575 0,33	405 0,33	— —	— —	1 310+1 310 0,16	29 0,93	29 0,51
«Эльфа-19» («Дзинтарс»)	АВС-80-260	Ш28×35	1	575 0,33	195+ +210 0,33	— —	— —	1 050 0,28	31 0,86	— —
«Эстония»	АВС-25 (4 шт.)	УШ26×39	3	366 0,41	56 0,41	366 0,41	56 0,41	850 0,29	23 и 23 1,0 и 1,0	— —
«Юбилейный»	6Ц5С[3]	Ш20×40	1	970 0,31	700 0,25	— —	— —	3 000 0,12	55 1,0	— —
«Яуза-5»	АВС-80-260	Ш19×38	1	1 035 0,41	755 0,35	— —	— —	2 050 0,16	59 1,2	52[2] 0,31

[1] Когда указаны два числа, разделенные знаком +, обмотка имеет отвод от промежуточного витка.
[2] Обмотка полупроводникового выпрямителя, питающего накал лампы первого каскада магнитофона.
[3] Накал кенотрона питается на той же обмотке накала, что и приемно-усилительные лампы.
[4] Обмотка выпрямителя смещения на управляющие сетки ламп оконечного каскада.
[5] Обмотка питания цепей автоматики радиолы.

Трансформаторы и автотрансформаторы питания телевизоров

Название телевизора	Вентиль	Магнитопровод	Рисунок	Первичная обмотка (сетевая): Число витков и диаметр провода секций				Число витков[1] и диаметр провода вторичной обмотки			
				Iа	*Iб*	*Iв*	*Iг*	повышающей	накала ламп		накала кинескопа
«Авангард»	5Ц3С	Ш25×75	3	238 0,8	37 0,8	238 0,8	37 0,8	800+800 0,35	15 2×1,5	12[2] 1,5	15 0,64
«Беларусь»	5Ц4С (2 шт.)	Ш32×70	3	205 0,69	32 0,69	205 0,69	32 0,69	625+625 0,41	13,5 1,35	11[2] 1,35	13 0,55
«Воронеж»	ДГ-Ц27 (2×2 шт.)[3]	УШ22× ×47	5	326 0,51	30 0,64	262 0,51	— —	— —	19 1,62	18[4] 0,18	19,5 0,64
«Енисей»	ДГ-Ц27 (2×2 шт.)[3]	Ш25×40	5	570 0,64	90 0,8	480 0,64	— —	— —	36 2×1,5	— —	36 0,64
«Заря»	ДГ-Ц27 (2×2 шт.)[3]	УШ32× ×40	1	365 0,59	270 0,47	— —	— —	295 0,51	20 2×1,0	— —	20 0,51
«Зенит», «Луч»	5Ц3С	Ш40×63	2	183,5 0,95	27,5 0,95	155 0,74	— —	655+655 0,27	11 1,95	9[2] 1,5	11 0,8
«Беларусь-5»	ДГ-Ц27 (2×3 шт.)[3]	Ш35×51	3	236 0,64	36 0,64	236 0,64	36 0,64	281 0,69	16 1,35	15 1,0	16 0,55
«Север», «Экран»	5Ц3С	Ш40×70	2	183 0,93	27 0,93	183 0,47	— —	620+620 0,27	12 1,81	9[2] 1,5	11 0,8

Название телевизора	Вентиль	Магнитопровод	Рисунок	Первичная обмотка (сетевая). Число витков и диаметр провода секций: Ia	Iб	Iв	Iг	Число витков[1] и диаметр провода вторичной обмотки: повышающей	накала ламп		накала кинескопа
«Старт», «Старт-2»	ДГ-Ц24 (4×3 шт.)[5]	Ш20×51	6	430 0,69	70 0,64	360 0,55	— —	— —	26,5 1,81	— —	27 0,51
КВН-49-1, КВН-49-А, КВН-49-Б	5Ц3С	Ш40×70	2	155 1,0	28 1,0	138 0,8	— —	600+600 0,29	11 2,1	9[2] 1,25	11 0,8
КВН-49-4, КВН-49-М	5Ц3С	Ш40×70	2	155 1,0	28 1,0	138 0,8	—	590+590 0,29	11 2,1 ПБД	9[2] 1,0	11 0,8
«Львов» Tp_1	ДГ-Ц27 (2×3 шт.)[6]	УШ19× ×28	5	820 0,23		605 0,2	— —	— —	49 1,2	— —	— —
«Львов» Tp_2		УШ19× ×38	5	650 0,29		474 0,23	— —	— —	37 1,2	— —	37 0,41
«Львов-2»	ДГ-Ц24 (2×3 шт.)[6]	УШ22× ×44	5	460 0,44		340 0,33	— —	— —	25 1,2	25 1,2	25 0,49
«Рубин-102»	Д7Е (3 шт.)	УШ30× ×63	3	220 0,59	32 0,59	220 0,59	32 0,59	85+200 0,59	14 1,5	9[4] 0,33	14 0,44

[1] Когда указаны два числа, разделенные знаком +, обмотка имеет отвод от промежуточного витка.
[2] Обмотка накала кенотрона.
[3] Выпрямитель выполнен по схеме с удвоением напряжения.
[4] Обмотка выпрямителя смещения на управляющие сетки.
[5] Выпрямитель выполнен по мостовой схеме
[6] При включении трансформатора в электросеть напряжением 127 *в* выпрямитель работает по схеме с удвоением напряжения, а при включении в электросеть напряжением 220 *в* переключается на однополупериодную схему без удвоения.